МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СТАНЦИЯ ЮНЫХ ТЕХНИКОВ»

Методическое пособие для обеспечения образовательного процесса по общеразвивающим программам технической направленности «РАКЕТА С ВОДЯНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ»

Составитель:
Чесноков Владимир Геннадьевич
педагог дополнительного образования

ЗАТО г. Железногорск, 2020 год

Цель: определение технических условий для достижения наилучших спортивных показателей при запуске водяных ракет.

Задачи:

1. Сконструировать и изготовить стартовую площадку со шкалой угла наклона ракеты для более точных исследований.
2. Рассчитать, изготовить и экспериментально опробовать несколько реактивных сопел для выявления лучшего из них.
3. Исследовать принципиальную возможность применения двух и более ступенчатых ракет для достижения наибольшей высоты полёта ракеты.
4. Провести испытания работы ракет.
5. Проанализировать полученные результаты и сформулировать рекомендации по применению в практических целях, в ракетомоделизме.

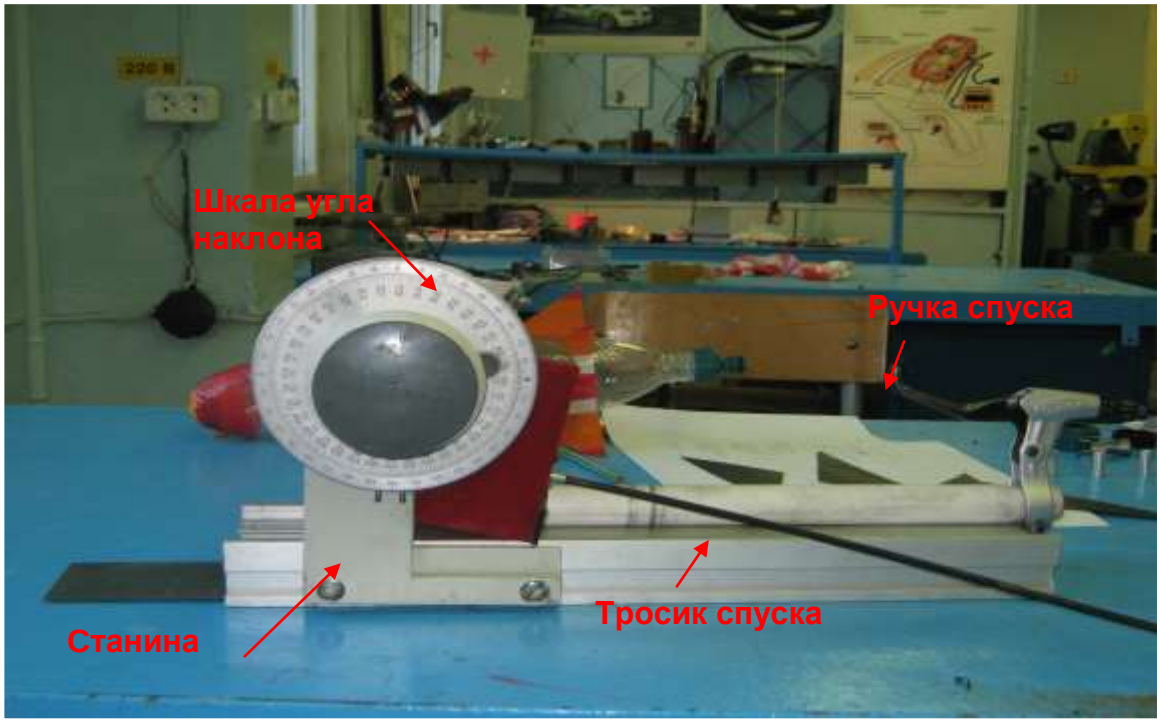
Новизна: Использование моделей ракет с водяным двигателей в моделизме началось сравнительно недавно, с появлением новых материалов и технологий. Исследования в этой области практически не проводились. В этой работе предпринята попытка объединения теоретических исследований и практического опыта, даны предпосылки для дальнейших исследований в области «водяного» ракетостроения, разработки новых типов ракет, оптимизации условий работы двигателей.

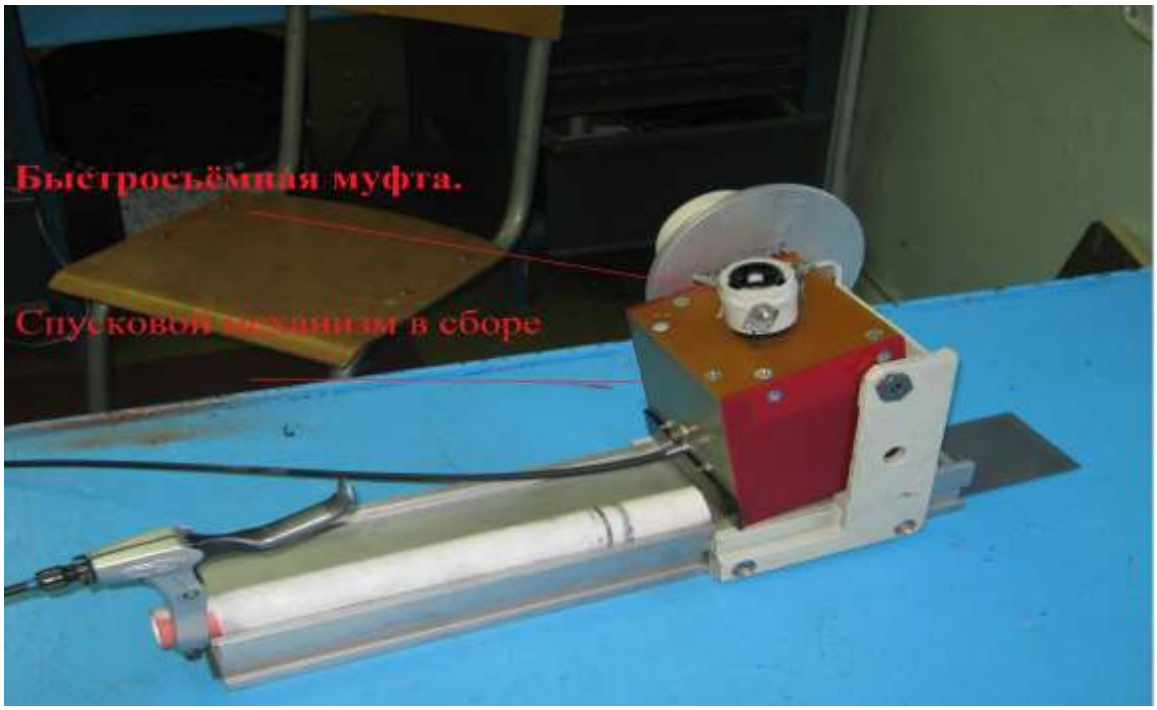
Применение ракет, работающих на водяных двигателях, открывает большие возможности для технического творчества и повышения спортивного мастерства ракетомоделистам, значительно уменьшив финансовые затраты.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТАРТОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПУСКА РАКЕТ

Стартовая установка состоит из:

1. Станины
2. Шкалы угла наклона
3. Спускового механизма
4. Тросика спуска
5. Ручки спуска
6. Быстросъёмной муфты.

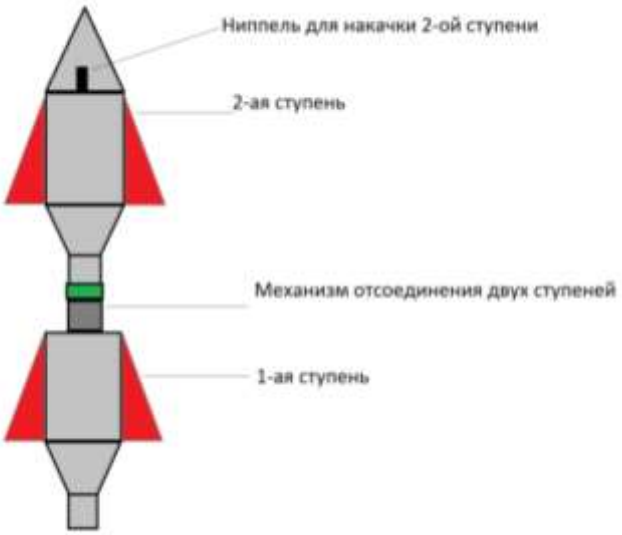




Отличительной особенностью установки является шкала угла наклона ракеты, что позволяет более точно проводить испытания ракет, и новый механизм спуска ракеты. Для механизма спуска использовалась быстросъёмная муфта для садового инвентаря с некоторыми доработками. Из-за нового механизма спуска увеличилась скорость отсоединения ракеты от стартовой установки, что улучшило стартовые показатели ракеты. Стартовая установка данной конструкции может быть рекомендована ракетомоделистам.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ РАКЕТЫ

Была сконструирована двухступенчатую ракету:



Ракета состоит из двух ступеней, каждая накачивается воздухом независимо от другой. Первая ступень накачивается через стартовую установку, вторая накачивается через ниппель, который находится под головным обтекателем.

Механизм отсоединения ступеней сделан из быстросъёмной муфты для садового инвентаря с некоторыми доработками. Действие этого механизма основано на давлении воздуха в первой ступени. Пока в первой ступени существует давление, вторая ступень не отсоединится от первой. Как только давление в первой ступени пропадает, вторая ступень отсоединяется от первой и отправляется в полёт, за счёт срабатывания клапана.

Конструкция была выполнена в материале. Экспериментальный образец испытан, механизм показал свою работоспособность.

Вывод: применение двух и более стало возможным и рекомендована для занятий ракетомоделизмом.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЛУЧШЕГО УГЛА НАКЛОНА РАКЕТЫ ДЛЯ ПУСКА В ДЛИНУ

Для того чтобы определить лучший угол наклона ракеты, мы провели несколько испытаний. Испытания проводились в одинаковых погодных условиях, на одной и той же модели ракеты объёмом 1.3 литра, при одинаковом давлении внутри ракеты. Ракета запускалась по пятнадцать раз для каждого угла. Измерялась средняя длинна полёта ракеты. Для испытаний были выбраны три угла наклона: 30°, 45°, 60°.

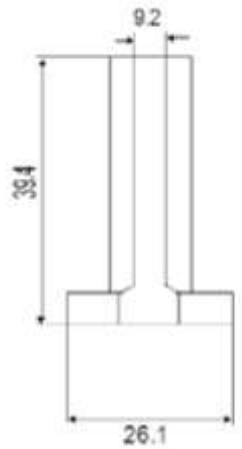
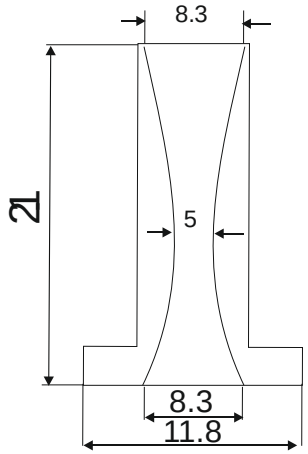
Данные приведены в таблице:

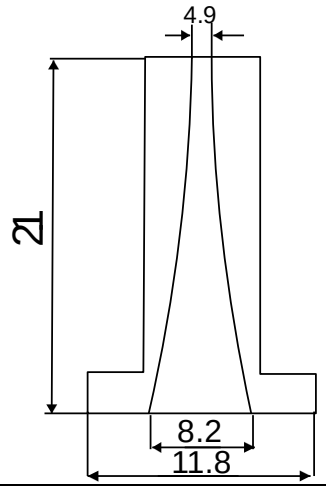
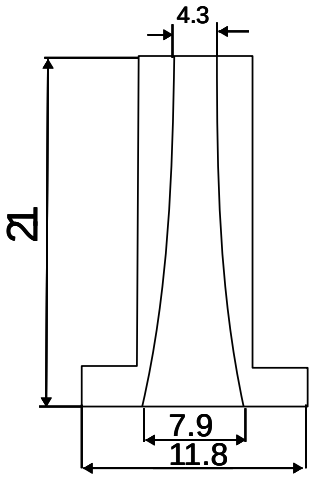
Угол наклона (градусы)	30°	45°	60°
Давление внутри ракеты (атмосферы)	4	4	4
Дальность полета (м)	48.3	69.5	36.7

Вывод: При угле пуска в 30° от вертикали ракета летит слишком высоко, не показывая хорошего результата полёта в длину. При угле в 60° ракета не набирает нужной высоты для наилучшего показателя в длину. Угол в 45° оказался самым лучшим для пуска ракеты в длину, ракета набирает оптимальную высоту, что позволяет ракете достичь лучшего показателя полёта в длину.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЛУЧШЕГО СОПЛА

Было изготовлено четыре вида сопел:

1.Базавое сопло	2. С переменным сечением.
	

3. Суженное	4. Сильнее суженное
	

РАССЧЕТ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОПЕЛ:

Скорость истечения топлива из сопла ракеты

Скорость истечения топлива из сопла ракеты можно рассчитать по формуле:

$$V = \sqrt{(2 * P) / \rho}$$

V - скорость истечения топлива.

P - давление на выходе из сопла.

ρ - объемная плотность воды

Пример расчета:

Манометр показывает давление – 400000 ньютон/кв.м. Плотность воды 1000 кГ/куб.м.

Предположим, что все сопла идеальны, то есть без потерь.

P = 400000 Н/кв.м.

ρ = 1000 кГ/куб.м.

V = √ (800000/1000)=28 м/с.

Далее надо учесть коэффициент потери давления. При потери давления скорость уменьшается. Поэтому для дальнейших расчетов принимаем несколько меньшую цифру - 20 м/с.

Для всех сопел скорость истечения топлива равна 20 м/с.

Расход топлива – воды

Расход воды можно рассчитать по формуле:

$$Pв = S * V$$

S – площадь сечения сопла на выходе.

v – скорость истечения воды.

Сечения всех сопел на выходе представляют из себя круг, по этому площадь сечения сопел будем считать по формуле $S = \pi r^2$ (**кв.дм**)

Скорость истечения воды у всех сопел одинаковая и равна 20 м/с.

Примеры расчета:

Для сопла №1:

Радиус сопла равен R=0.041 dm

Площадь поперечного сечения сопла на выходе равна S= 0.0053dm

Подставляем в формулу: **Рв**=0.0053*****20=0.106

Расход топлива с соплом №1 равен **Рв=0.106** (литров в секунду)

Для сопла №2:

Радиус сопла равен: R=0.025 dm

Площадь поперечного сечения сопла на выходе равна S= 0.002 dm

Подставляем в формулу: **Рв**=0.002*****20=0.04

Расход топлива с соплом №2 равен **Рв=0.04** (литров в секунду)

Для сопла № 3:

Радиус сопла равен R= 0.02 dm

Площадь поперечного сечения сопла на выходе равна S=0.0013 dm

Подставляем в формулу: **Рв=**0.0013*****20=0.026

Расход топлива с соплом № 3 равен **Рв=0.026**(литров в секунду)

Для сопла № 4:

Радиус сопла равен R=0.0189 dm

Площадь поперечного сечения сопла на выходе равна S=0.00112

Подставляем в формулу: **Рв=**0.00112*****20=0.023

Расход топлива с соплом № 4 равен **Рв=0.022** (литров в секунду)

Вывод: расход топлива прямо пропорционален площади поперечного сечения сопла на выходе, поэтому чем больше диаметр сопла тем больше расход топлива.

Тяговое усилие водяной ракеты

Тяговое усилие водяной ракеты можно рассчитать по формуле:

$$F = 2 * \lambda * P * S$$

F – тяговое усилие.

P – давление воды на выходе из сопла.

S – площадь сечения сопла на выходе.

λ – коэффициент перепада давления.

Площадь сечений всех сопел мы посчитали до этого. Давление воды на выходе из сопла P = 400000 Н/кв.м.

λ=0,43

<u>Примеры расчета:</u>

Для сопла №1:

Площадь сечения сопла на выходе равна S= 0.00053кв.м.

Подставляем в формулу: **F =2 * λ * P * S= 2*0,43 *400000*0.00053=182.32Н**

Тяговое усилие ракеты с соплом №1 = **182.32Н**

Для сопла №2:

Площадь сечения сопла на выходе равна S=0.0002 кв.м.

Подставляем в формулу: **F =2 * λ * P * S= 2*0,43 *400000*0.0002 = 68.8 Н**

Тяговое усилие ракеты с соплом №2 = **68.8 Н**

Для сопла №3:

Площадь сечения сопла на выходе равна S=0.00013 кв.м.

Подставляем в формулу: **F =2 * λ * P * S= 2*0,43 *400000*0.00013=44.72Н**

Тяговое усилие ракеты с соплом №3 = **44.72Н**

Для сопла №4:

Площадь сечения сопла на выходе равна 0.000112 кв.м.

Подставляем в формулу: **F =2 * λ * P * S= 2*0,43 *400000*0.000112=38.5Н**

Тяговое усилие ракеты с соплом №4 = **38.5Н**

Все подсчитанные данные приведены в таблице:

Номер сопла	1	2	3	4
P-Давление внутри бутылки (ньютон/кв.м)	400000	400000	400000	400000
S-Площадь поперечного сечения (кв.м)	0.00053	0.0002	0.00013	0.000112
V-Скорость истечения воды(м/с)	20	20	20	20
Рв-Расход топлива(литр/секуну)	0.106	0.04	0.026	0.022
F-Тяговое усилие (Н)	182.32	68.8	44.72	38.5

Вывод по всем расчетам:

Из наших расчётов можно сказать что лучше, то сопло у которого площадь сечения больше. И реактивная тяга прямо пропорционально зависит от площади сечения сопла.

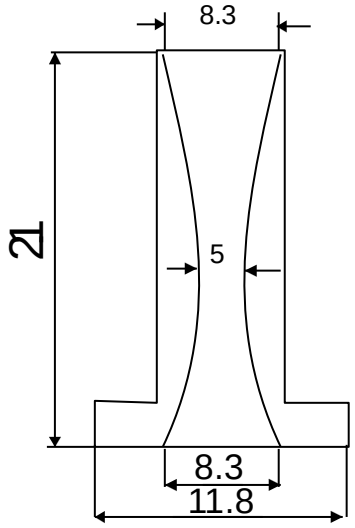
ПРОВЕРКА ВЫЧИСЛЕНИЙ РЕАЛЬНЫМИ ИСПЫТАНИЯМИ

Для испытаний использовалась ракета объёмом 1.3 литра. Испытания проводились в одинаковых погодных условиях, при одинаковом давлении внутри бутылки. Мы запускали ракету в длину под углом в 45° градусов по пятнадцать раз с использованием одного из четырех сопел. Вычисляли среднее значение длинны полёта ракеты для каждого из четырёх сопел. Все измерения приведены в таблице:

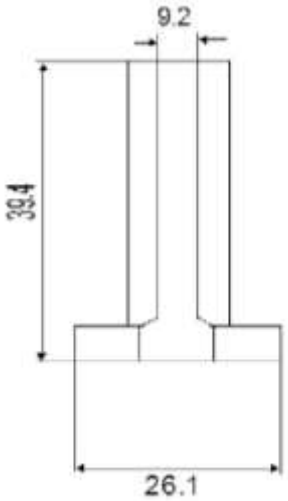
Номер сопла	1	2	3	4
Давление внутри бутылки (ньютон/кв.м)	400000	400000	400000	400000
Длинна полёта (м)	70.3	72.2	68.8	66.5

Вывод: Все наши расчеты подтвердились реальными испытаниями. Но ракета с использованием сопла №2 пролетела в длину больше чем ракета с использованием сопла №1, это объясняется тем, что сопло №2 – это сопло “С переменным сечением”. Эксперименты и расчёты аэродинамических сопел входят в программу высшей физики и нам пока они недоступны , но мы будем продолжать эксперименты с различными видами сопел для улучшения результатов.

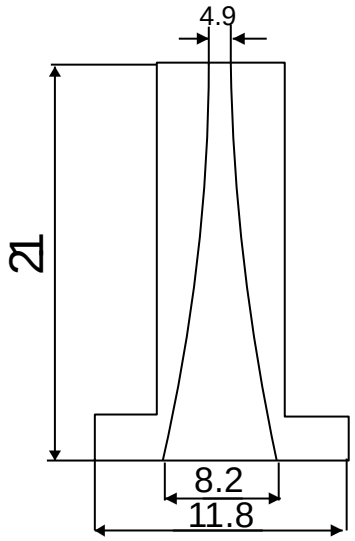
Самым лучшим соплом оказалось сопло №2



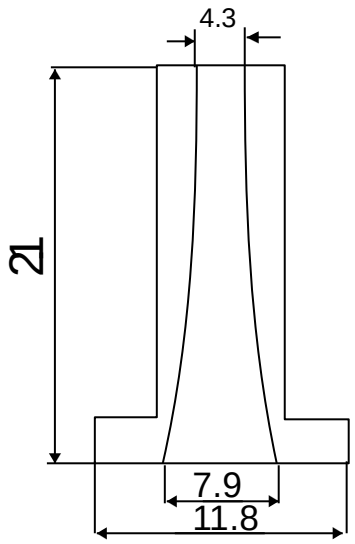
Далее сопло № 1



Далее сопло № 3



Самым неудачным соплом оказалось сопло номер 4



Вывод:

Ракеты, основанные на водяном двигателе, имеющие ряд преимуществ перед аналоговыми видами ракет: независимость от финансов моделиста, безопасность использования, огромный творческий мир для идей моделиста, вполне могут заменить дорогостоящие, небезопасные и недоступные ракеты, основанные на пороховом двигателе. По зрелищности запуска и возможностям технического творчества не уступают пороховым ракетам.